

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

“EFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR CON N-P-K-S A DIFERENTES NIVELES DE P  
y S EN LA CANTIDAD DE PROTEINA Y COMPONENTES PRIMARIOS DE RENDIMIENTO  
EN FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.)”

TESIS DE REFERENCIA

NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.



LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

Guatemala, Marzo de 1978.

R  
01  
T(301)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**Dr. Roberto Valdeavellano Pinot**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Decano  
Vocal 2o.  
Vocal 3o.  
Vocal 4o.  
Vocal 5o.  
Secretario

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.  
Dr. Antonio Sandoval S.  
Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.  
P. A. Lauriano Figueroa Q.  
P. A. Carlos H. Leonardo L.  
Ing. Agr. Leonel Coronado C.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO**

Decano  
Examinador  
Examinador  
Examinador  
Secretario

Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.  
Dr. Antonio Sandoval S.  
Ing. Agr. Roberto Fonseca  
Ing. Agr. José A. Zuñiga A.  
Ing. Agr. Ronaldo Prado R.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

Guatemala, 27 de febrero de 1978.

Señor Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Dr. Antonio Sandoval S.  
PRESENTE.

Señor Decano:

En atención a la designación que nos hiciera el Decanato bajo su digno cargo; tenemos el honor de informarle que hemos asesorado al Perito Agrónomo ARNULFO NAPOLEON HERNANDEZ SOTO, en la ejecución de su trabajo de tesis de grado titulado: " EFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR CON N-P-K-S A DIFERENTES NIVELES DE P Y S EN LA CANTIDAD DE PROTEINA Y COMPONENTES PRIMARIOS DE RENDIMIENTO EN FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.).

Se presenta este trabajo; basado realmente en el método científico y como uno de una serie de trabajos proyectados en el Departamento de Edafología de esta Facultad, tendientes todos a efectuar un detenido estudio del efecto de la fertilización foliar en el incremento del porcentaje de proteína y su calidad en el grano de frijol . Consideramos que los resultados del trabajo son satisfactorios y prometen bastante para la agricultura de Guatemala al dejar habierta una serie de inquietudes científicas en la investigación de granos básicos.

Por lo anteriormente expuesto opinamos que el trabajo del P. A. Hernández Soto, cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel superior, y en consecuencia recomendamos que el mismo sea aceptado para su discusión en el Examen General Público que el autor debe sostener en el acto de su graduación.-

.../



Referencia.....  
Asunto.....  
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Es nuestro deseo dejar constancia del entusiasmo y dedicación que el autor de esta tesis manifestó durante la programación y ejecución de este estudio. -

Sin otro particular, nos es grato reiterar nuestras muestras de consideración y aprecio.-

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Dr. Emilio Escamilla E.  
Asesor  
Investigador Depto. de Suelos

  
Ing. Agr. Salvador Castillo O.  
Asesor  
Director Depto. de Edafología



Guatemala, 9 de Marzo de 1978.

Honorable Junta Directiva,  
Honorable Tribunal Examinador.

En cumplimiento con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, me permito el honor de presentar a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado "EFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR CON N-P-K-S A DIFERENTES NIVELES DE P y S EN LA CANTIDAD DE PROTEINA Y COMPONENTES PRIMARIOS DE RENDIMIENTO EN FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.)", con el propósito de cumplir con el requisito previo a optar el título de INGENIERO AGRONOMO.

Aprovecho la oportunidad para reiterarles mis muestras de consideración y respeto,

Arnulfo Napoleón Hernández Soto

TESIS QUE DEDICO A LA MEMORIA DE:

Mi hermano:

ANICETO LISANDRO HERNANDEZ LOPEZ

Mi cuñado:

MANUEL AUGUSTO QUIÑONEZ ARGUETA

Mi maestro:

JOSE AURELIO BUCARO MOREIRA

Mis compañeros de Promoción

HECTOR DAVID SALGUERO VASQUEZ

y

JORGE MARIO MENENDEZ NIEVES

**ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS TODOPODEROSO**

**MI PATRIA, GUATEMALA**

**MI PUEBLO, MOMOSTENANGO (Ciudad de los Riscos)**

**MIS PADRES**

**Aniceto P. Hernández P.  
Bersabé Soto Girón**

**MI ESPOSA**

**M. Concepción González de Hernández**

**MIS HERMANAS**

**Angélica Violeta,  
Norma Abigahil y  
Maglys Verónica**

**MIS SOBRINOS**

**Boris Augusto, Ronny Waldemar,  
Arlhens Lorena y Mildred Scarleth**

**LA FAMILIA**

**González de León**

**MIS FAMILIARES Y AMIGOS**

**MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION Y TRABAJO**

**AL LECTOR**

**Con respeto**

## AGRADECIMIENTO

Quiero dejar patente mi sincero agradecimiento a las siguientes personas y entidades, cuya contribución, permitió la feliz realización de esta tesis.

A mis Asesores:

Dr. Emilio Escamilla E.  
Ing. Agr. Salvador Castillo O.

A la familia:

García Morales

A Dr.

Ricardo Bressani, gerente del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP, al proporcionar los laboratorios de la institución para la determinación de la cantidad de nitrógeno total.

A Dr.

Romeo Martínez

A mis compañeros

Tulio René García Morales  
Edil René Rodríguez Q.  
Sergio M. Cotí Pac  
Carlos E. Rossell

A Ing. Agr.

Lauriano Figueroa Q.

A Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA.

En el presente estudio se evaluó el efecto que los nutrimentos P y S aplicados foliarmente con niveles constantes de N y K tienen sobre la cantidad de proteína de las semillas y los componentes primarios de rendimiento en frijol negro: rendimiento total de grano (W), número de vainas por planta (X), número de semillas por vaina (Y), y peso de semillas (Z), cuando las vainas terciarias inician su crecimiento y tienen una longitud media de 2.5 cm. Los resultados permiten inferir incremento en la cantidad de proteína de la semilla que varió de 25.5o/o a 32.4o/o; no así en lo que se refiere a los componentes primarios de rendimiento. Además, las variedades manifestaron significancia estadística en las variables: contenido de proteína, rendimiento de grano (W), número de semillas por vaina (Y) y peso de semillas (Z); los que se considera son factores gobernados por la constitución genética de cada una de ellas.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
1.    Contenido de Proteína	3
2.    Componentes de Rendimiento	3
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>5</b>
1.    Localización	5
2.    Materiales Genéticos	5
3.    Metodología Experimental	6
4.    Prácticas Culturales	7
5.    Análisis Estadístico	7
6.    Parámetros medidos	8
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>9</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>17</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>19</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>21</b>

## EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR CON N-P-K-S A DIFERENTES NIVELES DE P y S EN LA CANTIDAD DE PROTEINA Y COMPONENTES PRIMARIOS DE RENDIMIENTO EN FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.)

### I. INTRODUCCION

El frijol conjuntamente con el maíz, son la principal y tradicional fuente de proteína y carbohidratos en la dieta del guatemalteco. En estudios realizados por la FAO (1972), se afirma que, en países subdesarrollados como el nuestro, y en donde las proteínas de origen animal son poco consumidas por un grueso sector de la población debido a su alto costo, se tiene como alternativa el consumo de proteína vegetal, principalmente de las leguminosas, donde se incluye el frijol.

La actual crisis mundial de alimentos demanda mayor productividad de los cultivos, así como un incremento del valor nutritivo de sus productos. Para lograr los anteriores objetivos, se requiere el desarrollo de nuevos y efectivos programas de mejoramiento genético y la búsqueda de prácticas agronómicas más eficientes al cultivo en las diferentes áreas del país adecuadas para este.

Muy poca investigación se ha hecho sobre el efecto de la fertilización como práctica tendiente a lograr los anteriores objetivos mundiales de la agricultura en el cultivo del frijol, y particularmente sobre el efecto de la fertilización foliar. Los objetivos del presente estudio, pretenden evaluar, el efecto que los nutrientes P y S en aplicaciones de fertilizante en forma foliar con niveles constantes de N y K tienen sobre:

- a. La cantidad de proteína en la semilla de frijol, y
- b. Los componentes primarios de rendimiento (W); número de vainas por planta (X); número de semillas por vaina (Y); y peso de semillas (Z).

## II. REVISION DE LITERATURA:

### 1. Contenido de Proteína.

Chonay, J.J. (1977) en un estudio realizado, tendiente a determinar la asociación entre la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo y el contenido de proteína en el grano de frijol, concluyó que no hay diferencia significativa en el contenido de proteína del grano cuando se aplican diversas dosis de nitrógeno al suelo, hasta 120 Kg/ha, ni interrelación de niveles por variedades. En el mismo experimento, se determinó que existe una correlación inversa entre el contenido de proteína y el rendimiento. Bhatia, C. R. (1976) explica, que dicho comportamiento de proteína y rendimiento es debido a que en cualquier especie son incompatibles el incremento de grano y proteína por consideraciones energéticas, ya que la energía total es mayor en aquellos granos con alto contenido de proteína, en relación a granos con bajo contenido de la misma.

Jarquín R. y Leleji, M.H. et al, citados por Chonay (1977) indican que se ha observado en ciertos casos un aumento en el contenido de proteína en el frijol, mediante el incremento de la fertilización, pero no así sobre la calidad nutricional de la misma. Mientras que, Barriga, P. (1975) investigando sobre cereales, indica que el contenido de proteína en el grano de trigo puede ser aumentado, entre otras formas, por selección de progenitores de alto potencial protéico y por fertilización nitrogenada.

Rutger citado por Echandi R. (1971) estudiando la correlación entre la semilla y algunas características de la planta, con el contenido de proteína del grano, encontró una correlación negativa entre peso de semilla y contenido de aceite con el contenido de proteína, en cambio una maduración tardía resultó en una asociación positiva.

Bressani, R. (1967) teniendo en cuenta que la proteína del frijol es deficiente en los aminoácidos azufrados metionina y cisteína, evaluó el efecto de la fertilización en el contenido de proteína y valor nutritivo del frijol. Aplicando dosis de S y Mo, encontró que el azufre provocaba mejor crecimiento de los animales (ratas) en comparación con el testigo y los otros tratamientos: fertilizantes y fertilizante más bacterias.

Indica además, que se logró incremento en la producción con fertilizantes, pero no se mejoró ni la calidad, ni la cantidad de proteína.

Echandi, R. (1971) indica que las enfermedades incitadas por los hongos *Fusarium solani* y *Fusarium phaseoli*, además de reducir los rendimientos en el frijol, pueden reducir drásticamente la calidad y cantidad de proteína en las plantas afectadas.

Echandi, R. (1971) concluyó que las enfermedades viróticas: mosaico amarillo, clorótico, mosaico común y mosaico rugoso, no influyeron sobre el contenido de proteína de las plantas afectada.

### 2. Componentes de Rendimiento.

Pinchinat, A.M. y Adams M.W. (1966) estudiando los componentes primarios de rendimiento en frijol, comprobaron que entre el número de vainas por planta (X) y el rendimiento en grano (W) existen correlaciones positivas altas. Por otro lado, estas correlaciones aunque estadísticamente significativas, fueron negativas y bajas entre el número de granos por

vaina (Y) y el peso de grano (Z); fueron positivas y bajas entre estos últimos y el rendimiento de grano (W). Entre el número de granos por vaina (Y) y el peso de grano (Z), las correlaciones fueron tan bajas que se puede pensar que existe muy poca relación entre estos dos caracteres.

Dickson, M.H. (1967) tomando como base las cinco mejores vainas por planta, llegó a la misma conclusión entre (X) y (Y).

Denis, D.J. (1967) en estudios hechos entre los componentes primarios y el rendimiento del frijol, encontró que el número de vainas por planta (X) y el rendimiento (W), mantienen un alto grado de asociación positiva, mientras que entre el número de granos por vaina (Y) y el peso de grano (Z) fue baja. Del estudio anterior, el mismo autor sugiere que para lograr incrementos del rendimiento en un programa de mejoramiento de frijol, primero se debe seleccionar para alto número de vainas por planta y no así a través de otros componentes, debido a que entre ellos y el rendimiento, existe una baja asociación negativa, aunque tengan una alta heredabilidad.

Camacho, L.H. et al (1964) encontraron correlaciones negativas entre los diferentes componentes de rendimiento, en cambio, la correlación fue alta y positiva del rendimiento con el número de vainas por planta y granos por vaina. De acuerdo a esto, sugieren la posibilidad de aumentar el rendimiento, seleccionando genotipos con alto número de vainas por planta y número de granos por vaina.

Camacho, L.H. et al (1968) estudiaron la relación entre los componentes del rendimiento y el hábito de crecimiento en frijol en cuatro cruces de variedades de crecimiento voluble con variedades de crecimiento arbustivo. Las progenies con guía corta o larga, mostraron mayor rendimiento que las líneas arbustivas debido al mayor número de granos que tenían las progenies de guía, como resultado de un mayor número de vainas y granos por vaina. El cruzamiento cuyas progenies no mostraron diferencias en rendimiento, en los tres tipos de hábitos de crecimiento, tampoco mostró diferencias en el promedio de los componentes.

Duarte, R.A. (1967) determinó que al disminuir el área foliar se ven afectados el rendimiento y sus componentes primarios.

Anand, S.C. y Torrie, J.H. (1963) en soya, encontraron que el número de vainas por planta (X) y el número de granos por vaina (Y) están más asociados fenotípicamente con el rendimiento (W) que con el peso de grano (Z). Sin embargo, Johnson, H.W. et al (1955) encontraron lo contrario. Así mismo, Anand y Torrie (1963) encontraron que la correlación fue negativa entre el número de vainas por planta (X) y el número de granos por vaina (Y). En ambos estudios se detectó que la asociación fue negativa entre el peso de grano (Z) con los otros componentes del rendimiento.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 1. Localización.

El presente experimento se realizó en la Finca "San Antonio Contreras", situada en el municipio de San Raymundo, Departamento de Guatemala; siendo sus características ecológicas y geográficas, las siguientes:

	Max.	Min.	Media
Temperatura (oC)	26.8	15.0	20.9
Precipitación (mm/año)	950.3		
Altitud	1560.0 m.s.n.m.		
Latitud	14° 45' 48" N		
Longitud	90° 35' 48" W		

#### Suelos:

Los suelos donde se realizó el experimento, manifiestan una textura franco arcillosa (método del hidrómetro-Bouyoucus), estructura blocosa angular, color café grisáceo, poco profundo, drenaje lento y de topografía ondulada. En el cuadro 1 se detalla el resultado del análisis químico de laboratorio sobre el contenido de P, K, Ca y Mg.

CUADRO No. 1

#### CONCENTRACION DE LOS ELEMENTOS EN EL TERRENO EXPERIMENTAL

pH	Microgramos /ml		Meq/100 ml de suelo	
	P	K	Ca	Mg
6.8	50	250	11.40	2.40

Según De la Cruz S., J. René (1976) la Finca "San Antonio Contreras" está ubicada en la faja termométrica altitudinal identificada como Subtropical húmeda.

#### 2. Materiales genéticos.

Se utilizaron tres variedades comerciales facilitadas por el Programa de Frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, siendo éstas: Turrialba, San Pedro Pinula y Culma, cuyas características se describen en el cuadro 2.

## CUADRO No. 2

## CARACTERIZACION DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS

MATERIAL GENETICO	COLOR DEL GRANO	PERIODO VEGETATIVO	ALTURA DE PLANTA	ORIGEN
Turrialba	Negro	Intermedio	Intermedia	Costa Rica
San Pedro Pinula	Negro	Intermedio	Intermedia	Guatemala
Culma	Negro	Tardío	Alta	Colombia

## 3. Metodología Experimental.

El diseño experimental utilizado consistió en el arreglo factorial de bloques al azar de distribución en parcelas subdivididas, en el que las parcelas principales fueron utilizadas para la distribución de los tratamientos de fertilización foliar, y las parcelas secundarias para la distribución de las variedades.

El área de cada parcela principal fue de  $10 \text{ m}^2$  (2 m X 5 m), en tanto la de cada subparcela fue de  $3.33 \text{ m}^2$  (2 m X 1.67 m). Para eliminar el efecto de competencia entre variedades (materiales-genéticos), se tomó como subparcela útil, los 2 surcos internos de los 4 que contenía la original, de los que para efectuar las evaluaciones se recolectaron 20 plantas seleccionadas al azar. En la Fig. 1 se presenta el diseño experimental utilizado en el campo.

Los tratamientos efectuados se detallan en el cuadro No. 3.

## CUADRO No. 3

## CANTIDADES DE N-P-K-S (Kg/ha) utilizadas en cada uno de los tratamientos (fertilización foliar) bajo estudio.

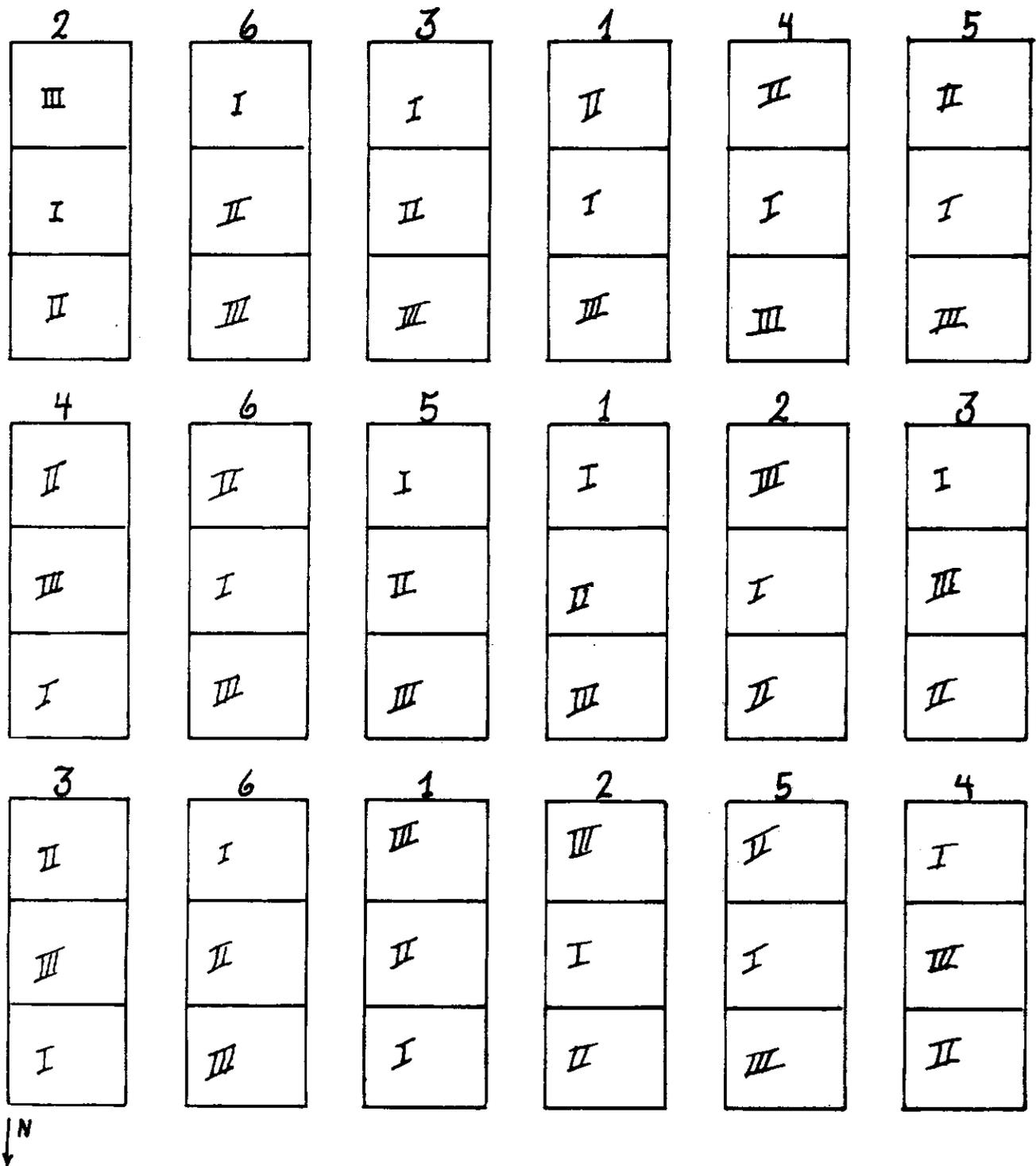
TRATAMIENTO	N	P	K	S
1	0	0	0	0
2	45	6	21	9
3	45	3	21	9
4	45	0	21	9
5	45	6	21	4.5
6	45	6	21	0

Como fuente de los elementos N-P-K-S, se utilizaron respectivamente, los siguientes compuestos: Urea el 46o/o; Tripolifosfato de Sodio 25.3o/o de P; Cloruro de Potasio al 52.4o/o de K; y Sulfato de Sodio Anhidro al 22.5o/o de S.

La aplicación de los tratamientos de fertilizante foliar, se efectuaron un total de tres, con intervalos de 8 días cada una a partir del inicio de crecimiento de las vainas terciarias y cuando tenían una longitud aproximada de 2.5 cm. Se utilizó para el efecto una aspersora de

Fig 1.

Diseño Experimental utilizado en el Campo.



Tratamientos

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Variedades

- I = Turrialba  
 II = San Pedro Pinula  
 III = Colma

mochila de 15 litros de capacidad, a la que para tal estudio hubo necesidad de efectuarle las siguientes adaptaciones y modificaciones: a) adaptación de un manómetro de 0 - 100 libras de presión por pulgada cuadrada, cuyo objetivo era indicar y por consiguiente controlar una presión constante de 40 libras por pulgada cuadrada en el tubo de descarga durante cada aspersión; b) el tubo original de aspersión se reemplazó por uno de mayor longitud (1.60 m) al que en el extremo final hubo de hacerse una curvatura en U invertida con la finalidad de que la boquilla descargara a una altura aproximada de un metro sobre la superficie foliar de la plantación en forma perpendicular, a lo largo de las parcelas principales; c) la boquilla original de la bomba -tipo cono- fue sustituida por una Teejet No. 8001 tipo abánico, la que a la altura antes indicada (un metro), cubría un ancho de aspersión de un metro. Esto hizo necesario asperjar media parcela caminando de Norte a Sur, y la otra media caminando en sentido contrario por las calles que formaron parte del campo experimental: La descarga media fue de 400 cc/minuto; se aplicó durante 40 seg., lo que equivale a 267 cc/parcela principal (267 lts/ha) en cada aspersión.

#### 4. Prácticas Culturales.

Las prácticas culturales que fueron realizadas, pueden quedar resumidas así:

Preparación del terreno, mediante un barbecho mecánico con un arado pesado a una profundidad media de 30 centímetros, posteriormente el paso de una rastra liviana para pulverización del mismo.

Desinfestación del suelo, con Volatón granulado a razón de 40 Kg/ha.

La siembra se realizó en las parcelas con las distancias de 0.40 m. entre surcos y 0.15 m. entre posturas, colocando 3 semillas por postura, para realizar un entresaque a los 20 días después de emergidas las plántulas dejando 2 plantas por postura; obteniendo así, una densidad de población de 333,333 plantas/ha.

Según el análisis realizado en el laboratorio de suelos del ICTA, las cantidades de fósforo, potasio, calcio y magnesio que tenía el suelo de la región eran adecuadas para el cultivo; por lo tanto únicamente se efectuó una fertilización nitrogenada con Urea al 46o/o a razón de 30 Kg de N/ha, 14 días después de la siembra por el sistema de bandas laterales.

Para control de plagas, fue necesario hacer 2 aplicaciones de Tamarón en dosis de 6 cc/gl de agua, a los 12 y 70 días después de la siembra, para combatir la "Mosca Blanca" y "Tortuguilla".

Se efectuaron 2 limpiezas manuales durante el ciclo de cultivo.

Se efectuaron 4 riegos mediante el sistema de irrigación superficial únicamente durante el desarrollo vegetativo, ya que durante la maduración fisiológica de la semilla, se produjeron lluvias en la región.

#### 5. Análisis Estadístico.

Para comparar el porcentaje de proteína y los factores primarios de rendimiento en las tres variedades de frijol como consecuencia de los seis tratamientos de fertilización foliar a que fueron sometidas, se realizó el análisis de varianza del diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas, auxiliándonos de la prueba de "F" con niveles de significancia del 5o/o y 1o/o.

## 6. Parámetros.

Los parámetros sobre los que versa la discusión de este estudio son los siguientes:

- Cantidad de proteína por variedad y tratamiento de fertilización foliar.
- Rendimiento de grano en base a 20 plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela neta, en gramos.
- Número de vainas por planta.
- Número de semillas por vaina.
- Peso de 100 semillas.

El primer parámetro fue determinado en los laboratorios del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP, y se basó en el contenido de Nitrógeno total de la semilla utilizándose el método de MICRO-KJELDHAL, cuyos principales pasos se describen a continuación:

Pesar 100 mg de semilla molida y tamizada en un molino eléctrico "Wiley" utilizando un tamíz de 20 mallas/pulg.2.

Colocar la muestra en un balón Micro-Kjeldhal agregándole 100 mg de Sulfato de Sodio, 0.2 ml de Acido Selenioso al 20o/o, y 3 ml de Acido Sulfúrico concentrado.

Digerir la muestra durante un lapso de 2 horas.

Fórmula para determinar el Porcentaje de Proteína, (o/oP)

$$o/oP = N_T \times 6.25$$

Los otros parámetros fueron estimados a partir de los siguientes datos de campo:

Después de desgranada y limpiada se pesó toda la semilla de cada subparcela o variedad.

El número de vainas por planta se determinó contando el total que existía en cada subparcela cosechada, y dividiendo ese total entre 20 que fueron las plantas seleccionadas en cada una de estas.

El peso de 100 semillas fue determinado en base a 300 semillas seleccionadas aleatoriamente a partir del total de cada subparcela.

En base a este peso se consideró el de cada semilla individual.

El número de semillas por subparcela se calculó en base a la siguiente fórmula,

$$\text{No. Semillas} = \frac{\text{Peso total de semillas}}{\text{Peso de una semilla}}$$

Luego, el número de semillas por vaina se calculó así,

$$\text{No. semillas/vaina} = \frac{\text{No. de semillas/subparcela}}{\text{No. de vainas/subparcelas}}$$

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos perseguidos por el presente estudio, se discute lo siguiente.

En los resultados promedio de los tratamientos de fertilización foliar (Cuadro 4) se obtuvo un incremento en el porcentaje de proteína de la semilla en orden decreciente de los tratamientos así: 6,3,5,4,2,1, en los que la proteína varió de 30o/o a 26.43o/o. Rutger (1971) en 343 líneas de frijol encontró que la proteína varió de 19o/o a 31o/o. Silbernagel (1971) separó un número grande de líneas introducidas de muchos países e identificó selecciones de estas líneas con un rango de 16o/o a 33o/o de proteína, encontrando que el porcentaje de proteína está influenciado por factores externos.

Escamilla, E. (1977) encontró que el contenido de proteína del grano de frijol fue constantemente incrementado de 22.6o/o a 28.7o/o por la aplicación de nutrientes en forma foliar.

En base a la descripción anterior se determina que se ha logrado el incremento buscado en cuanto al porcentaje de proteína de la semilla; este aspecto es de mucha importancia en la dieta alimenticia humana, quedando para investigación posterior la calidad de dicha proteína.

Las otras variables; rendimiento (W), número de vainas por planta (X), número de granos por vaina (Y), y peso de semillas (Z) no demostraron diferencias significativas.

CUADRO: 4

#### RESULTADOS MEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION FOLIAR EN EL PORCENTAJE DE PROTEINA Y LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE FRIJOL.

Tratamiento Kg/ha				o/o de proteína en la semilla	Rendimiento (g) de 20 plantas selec. al azar	Número de vainas/planta	Número de semillas/vaina	Peso de 100 semillas.
0	0	0	0	26.43	251.43	16.33	4.04	19.43
45	6	21	9	28.07	226.63	15.77	3.77	19.58
45	3	21	9	29.33	278.27	17.93	3.76	19.69
45	0	21	9	28.83	230.53	16.13	3.75	19.20
45	6	21	4.5	29.16	252.20	16.70	3.92	19.40
45	6	21	0	30.00	259.53	16.40	3.98	19.78

Es necesario reportar que un descenso en el porcentaje de proteína casi siempre se ha observado cuando ha ocurrido un incremento en el rendimiento (Tandon, et al., 1957; Rutger, 1970; Leleji, et al., 1972). Además, ha sido difícil establecer cualquier incremento en el porcentaje de proteína por la aplicación de nitrógeno al suelo, como lo reporta Silbernagel (1970). Escamilla (1977) reporta el incremento de porcentaje de proteína en el grano junto con los incrementos de rendimiento con la fertilización foliar. Analizando los resultados del Cuadro

4, el mayor descenso de rendimiento se produjo con el primer incremento de proteína, mientras que el rendimiento más alto se produjo con el cuarto incremento de proteína (tercer nivel de fertilización foliar); lo cual nos ubica en un plano con ligera tendencia a lo observado por Escamilla aunque los niveles de aplicación foliar con que se hizo este estudio fueron diferentes.

Se determinó así mismo (Cuadro 4 y Fig. 2) que la cantidad de proteína fué máxima en el segundo nivel de P (45-3-21-9) y primer nivel de S (45-6-21-0); mientras tanto un menor porcentaje se logró con el tercer nivel de ambos elementos (45-6-21-9).

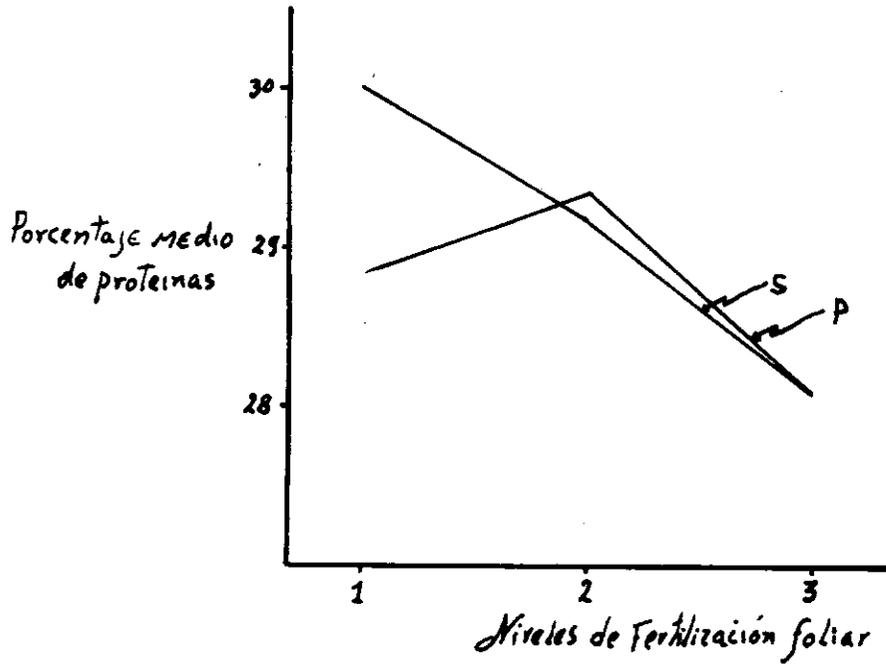
No contando con estudios similares anteriores, considero que existe una relación inversamente proporcional entre los elementos P y S, ya que a mayor cantidad de P y menor cantidad de S se obtuvo el mayor incremento, ocurriendo la misma relación cuando la cantidad de P fue media y máxima la de S; mientras que, teniendo las cantidades máximas de ambos nutrimentos esa relación inversa provoca el menor incremento en el porcentaje de proteína en la semilla. Cabe aclarar que los otros dos nutrimentos (N y K) permanecieron constantes en todos los tratamientos, por lo que será importante analizar en siguientes estudios cuál es el punto óptimo de combinación de los nutrimentos variables estudiados para obtener el máximo incremento en cuanto a contenido de proteína en la semilla.

En el cuadro de "F" del análisis de varianza total (Cuadro 5) se puede apreciar que los distintos niveles de N-P-K-S estudiados, únicamente tuvieron significancia estadística en el porcentaje de proteína de la semilla; no así sobre el resto de variables analizadas: rendimiento (W) de 20 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta; número de vainas por planta (X), número de semillas por vaina (Y) y peso de semillas (Z).

Con los resultados anteriores se deduce que mientras la fertilización foliar permite a las plantas prolongar su desarrollo fisiológico y con ello lograr mejor aprovechamiento de los nutrimentos adicionados en forma foliar, sus componentes primarios de rendimiento no sufren alteración. En virtud de lo mencionado, se considera que mediante la fertilización foliar se encuentra diferencia significativa en el porcentaje de proteína de la semilla; resultado diferente a lo determinado por Chonay (1977) quien aplicando al suelo hasta 120 Kg de N/ha no encontró respuesta significativa en el contenido de proteína de la semilla. Sin embargo, los resultados sí coinciden con lo establecido por Jarquin y Leleji et al, citados por Chonay (1977) quienes indican que se han observado en ciertos casos un aumento en el contenido de proteína en el frijol mediante el incremento de la fertilización. Dickson y Hackler (1972) reportaron incremento en el porcentaje de proteína mediante fertilización con 3 a 16 gramos de N/planta lo que nos indica una aplicación de 600 - 3200 Kg/ha asumiendo una población de 200,000 plantas/ha. Resulta importante establecer si el incremento de la proteína con estas cantidades de N puede considerarse como significativo utilizando tales extremos de fertilizantes nitrogenados.

Fig 2

Incremento del porcentaje, de proteína en la Semilla como consecuencia de los nutrimentos Variables (P y S)



CUADRO 5

“VALORES DE “F” EN EL ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO COMPARATIVO DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION FOLIAR CON N- P-K- S EN LA CANTIDAD DE PROTEINA DE LA SEMILLA Y LOS COMPONENTES PRIMARIOS DEL RENDIMIENTO DEL FRIJOL”.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Porcentaje proteína en semilla.	Rendimiento en 20 plantas.	Número de vainas por planta	Número de semillas p. vaina	Peso de 100 semillas
Bloques	2	10.3(**)	7.09(*)	17.19(**)	0.70	0.10
Fertilización foliar	5	47.67(**)	2.16	1.30	0.35	0.35
Error a	10					
Variedades	2	61.3(**)	7.85(*)	0.34	9.42(**)	4.65(*)
Interacción variedades por fert. foliar	10	10.3(**)	1.28	0.94	1.19	0.59
Error b	24					
Total	53					
Coefficiente de variación (o/o)		5.97	19.55	15.59	13.44	4.61

(\*\*),(\*)Existe diferencia estadística significativa al nivel de 0.01 y 0.05 respectivamente

CUADRO 6

“VALORES DE “F” DEL ANALISIS DE VARIANZA DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION FOLIAR SIN INCLUIR EL TESTIGO EN EL PORCENTAJE DE PROTEINA DE CADA UNA DE LAS VARIEDADES”.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Variedad Turrialba	Variedad San Pedro Pinula	Variedad Culma
Bloques	2	0.37	10.10(*)	2.79
Tratamientos	4	1.62	5.00(*)	26.38(**)
Error	8			
Total	14			

Con lo observado en el presente trabajo, se determina que la fertilización foliar durante la formación del grano, es más eficiente que cualquier aplicación al suelo de los mismos nutrimentos, para lograr incremento de proteína en la semilla.

El mismo cuadro 5 manifiesta que el porcentaje de proteína, el rendimiento, el número de semillas por vaina y el peso de semillas fueron distintos entre variedades al encontrar significancia entre ellas. Rutger (1971) manifestó que el contenido de proteína era positivamente correlacionado con una madurez tardía. Escamilla (1977) especifica que el peso de la semilla, el número de vainas y semillas por vaina fueron indiscutiblemente características de la variedad. Rutger (1970) reportó que diferentes rendimientos de grano se han obtenido con diferentes variedades creciendo bajo las mismas condiciones ambientales. La significancia mostrada por las variedades puede considerarse una consecuencia del tipo de crecimiento y ciclo vegetativo de las mismas, ya que la variedad Culma fue la que manifestó el mayor incremento (Cuadro 2). Esta variación hace suponer, que el estudio de la fertilización foliar sobre las características fisiológicas debe hacerse separadamente para cada una de las variedades.

Se observa además, que existe una interacción significativa entre variedades y fertilización foliar en lo referente al porcentaje de proteína en la semilla, lo que indica que la respuesta de las variedades a la fertilización foliar es diferente.

En el Cuadro 6, se presenta el efecto de los tratamientos de fertilización foliar en el porcentaje de proteína. En las variedades San Pedro Pinula y Culma fue significativo, mientras que la variedad Turrialba no manifestó significancia en ninguna de las fuentes de variación; esto demuestra que cada una de las variedades es independiente de incrementar o no su contenido de proteína en la semilla como consecuencia de la fertilización foliar; lo cual deja abierta la posibilidad de estudiar independientemente cada variedad y establecer cuál de ellas aprovecha mejor los nutrimentos aplicados foliarmente durante la época de formación de la semilla.

Aún cuando no se observó significancia estadística en lo referente a los componentes primarios de rendimiento, se efectuó el análisis de correlación entre todas las variables, habiéndose encontrado, según el Cuadro 7, una correlación positiva alta entre el número de vainas por planta (X) y el rendimiento en semilla (W); esto es coincidente con la comprobación de Pinchinat y Adams (1966), así como con la de Denis (1967). El peso de semilla (Z) con rendimiento (W) proporcionaron en el estudio correlación positiva alta; Pinchinat y Adams (1966) la encontraron positiva pero baja, en tanto Camacho, et al (1964) la encontraron negativa. Por otro lado, se determinaron correlaciones positivas bajas en los otros componentes con excepción de porcentaje de proteína con el número de semillas por vaina (Y), y entre estas últimas y el número de vainas por planta (X). Al observar correlaciones muy bajas se deduce que existe muy poca relación entre esos caracteres.

CUADRO 7

“VALORES DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES ANALIZADAS EN EL ESTUDIO, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIO DEL EFECTO DE CADA TRATAMIENTO EN LAS MISMAS”.

	Porcentaje de Proteina	Rendimiento en g.	Número de vainas por planta	Número de Semillas por vaina.	Peso de 100 semillas en g.
Porcentaje de Proteina		0.34	0.36	-0.31	0.39
Rendimiento en g.			0.90	0.24	0.58
Número de vainas por planta				-0.15	0.36
Número de semillas por vaina.					0.16
Peso de 100 semillas en g.					

CUADRO 8

“CORRELACION DE LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS EN LA VARIEDAD I (TURRIALBA), TOMANDO LOS VALORES PROMEDIO DE CADA VARIEDAD EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS”.

	Porcentaje de Proteina	Rendimiento en g.	Número de vainas por planta	Número de semillas por vaina	Peso de 100 semillas en g.
Porcentaje de Proteina		-0.02	-0.47	0.30	-0.12
Rendimiento en g.			0.84	0.75	-0.47
Número de vainas por planta.				0.33	-0.10
Número de Semillas por vaina					-0.85
Peso de 100 semillas en g.					

Haciendo un análisis de la correlación observada en las diferentes variables de cada una de las variedades estudiadas, se determinó:

a. La variedad Turrialba (Cuadro 8) correlación positiva alta entre número de vainas por planta (X) y rendimiento (W), y entre (W) y el número de semillas por vaina (Y) lo que fue determinado en igual forma por Camacho, et al. (1964); mientras que una correlación negativa alta se observó entre el número de semillas por vaina (Y) y el peso de semilla (Z), lo que a criterio personal puede deberse a que mientras la planta utiliza sus reservas alimenticias en la producción de mayor número de semillas, éstas, concentran menor cantidad de elementos constituyentes del peso. El resto de caracteres manifiesta una correlación negativa baja exceptuando las mostradas por el porcentaje de proteína con el número de semillas por vaina (Y), y estas últimas con el número de vainas por planta (X), las que fueron positivas bajas;

b. La variedad San Pedro Pinula, Cuadro 9, manifiesta resultados casi contrarios en su mayoría a los observados en la variedad anterior ya que el rendimiento (W) manifiesta correlación negativa alta con el número de vainas por planta (X); y entre (W) con número de semillas por vaina (Y) se reporta como positiva alta, lo que demuestra que la correlación entre número de vainas por planta (X) y número de semillas por vaina (Y) sea negativa alta tal como se observa en el mismo cuadro. Además, la correlación es alta y negativa entre el número de vainas por planta (X) y el peso de semillas (Z). Se deduce entonces, que esta variedad produjo una serie de vainas con pocas semillas (vainas vanas) cuya contribución por su misma característica hacia el rendimiento tuvo efecto negativo. Los otros componentes correlacionados salvo el porcentaje de proteína con el número de semillas por vaina (Y) manifestaron relación positiva baja;

c. El Cuadro 10 muestra las correlaciones observadas en la variedad Culma, deduciéndose por el mismo, que el porcentaje de proteína fue positivo y altamente correlacionado con rendimiento (W), número de vainas por planta (X) y peso de semilla (Z); así como también entre rendimiento (W) con número de vainas por planta (X) y peso de semilla (Z), é idéntica correlación se observa entre el número de vainas por planta (X) y peso de semillas (Z). Todo lo anterior nos demuestra porqué se infiere en el Cuadro 5 una alta significancia en la interacción de variedades por fertilización foliar en el porcentaje de proteína en la semilla. El resto de correlaciones en la misma variedad son negativas y se consideran bajas.

Vale la pena indicar que el rendimiento (W) y el número de vainas por planta (X) no se incrementaron debido posiblemente a que se observó una rápida maduración después de la primera aplicación de fertilización foliar, aún en los testigos, por lo que se limitó la expresión de ambas variables, y por ello no es posible en este estudio determinar el efecto de las aplicaciones de fertilizantes por aspersión foliar con respecto a la senescencia de las variedades estudiadas.

## CUADRO 9

“CORRELACION DE LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS EN LA VARIEDAD II (SAN PEDRO PINULA), TOMANDO LOS VALORES PROMEDIO DE CADA VARIEDAD EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS”.

	Porcentaje de Proteína	Rendimiento en g.	Número de vainas por planta.	Número de Semillas por vaina.	Peso de 100 semillas en g.
Porcentaje de protenina		0.07	0.37	- 0.49	0.45
Rendimiento en g.			-0.62	0.92	0.49
Número de vainas p. planta				- 0.76	- 0.63
Número de semillas p. vaina					0.42
Peso de 100 semillas en g.					

## CUADRO 10

“CORRELACION DE LAS DIFERENTES VARIABLES EN LA VARIEDAD 3 (CULMA), TOMANDO LOS VALORES PROMEDIO DE CADA VARIEDAD EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS”.

	Porcentaje de proteína	Rendimiento en g	Número de vainas por planta	Número de semillas por vaina	Peso de 100 semillas en g
Porcentaje de Proteína		0.67	0.74	- 0.48	0.80
Rendimiento en g			0.98	- 0.35	0.88
Número de vainas por planta				- 0.51	0.87
Número de semillas p. vaina					- 0.32
Peso de 100 semillas en g.					

## V. CONCLUSIONES

1. Según el análisis estadístico, los tratamientos produjeron incremento en el contenido de proteína de la semilla, en los que una solución variable de P y S fué asperjada en cada tratamiento. Este incremento puede ser consecuencia de una interacción entre ambos elementos, o bien debido a la interacción de ambos con el N o el K o con estos dos que en cantidad constante conformaron cada nivel de tratamiento.
2. La no significancia de los componentes primarios de rendimiento como consecuencia del efecto de la fertilización foliar permite determinar que esta es una característica que en este estudio no se varió mediante esta práctica tecnológica.
3. Al inferir significancia estadística en el porcentaje de proteína, el rendimiento (W), el número de semillas por vaina (Y) y el peso de semillas (Z) debido a las variedades, esto hace suponer que esos factores son gobernados por la constitución genética de cada una de las variedades estudiadas.
4. La significancia estadística inferida de los bloques en cuanto a contenido de proteína, el rendimiento (W) y el número de vainas por planta (X), pudo ser debido a la falta de uniformidad del campo experimental en lo referente a contenido de materia orgánica y/o al riego de cada réplica.
5. La interacción entre variedades y fertilización manifestó significancia en el contenido de proteína como consecuencia de que la variación del nivel de fertilizante contribuye en el contenido de proteína de las semillas de las variedades.
6. El porcentaje de proteína acumulada en la semilla varía de 25.5o/o a 32.4o/o reportando una media de 28.6o/o.
7. La expresión de los efectos en el incremento de proteína debido a los tratamientos foliares es diferente en las variedades estudiadas.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Para tratar de incrementar aún más el porcentaje de proteína en la semilla, se hace necesario probar la aplicación de tratamientos con cantidades mayores de nutrientes/ha, tal el caso de 60-8-21-12 como nivel máximo y distribuirlos en 4 aplicaciones a partir del inicio de la formación de las vainas terciarias y no esperar un crecimiento inicial de las mismas, por cuanto se manifiesta una rápida maduración del follaje y consecuentemente la suspensión de fotosíntesis desde el momento de la primera aplicación si se hace un poco tardía a ese momento. Es conveniente también, reducir el tiempo entre las aplicaciones foliares para lograr un mejor aprovechamiento de todos los nutrimentos antes del cese de la fotosíntesis.
2. Otro aspecto importante a considerar será la búsqueda de compuestos conteniendo los elementos nutritivos en forma que permitan una dilución mas rápida de los mismos en el agua.
3. Habiendo logrado uno de los objetivos del estudio cual fué el incrementar la cantidad de proteína en la semilla, resulta importante llegar a establecer la relación existente entre incremento del porcentaje de proteína y el rendimiento, y además la influencia con respecto a la calidad de los aminoácidos contenidos por la semilla.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. ANAND, S. and TORRIE, J.H. Heretability of yield and other traits and interrelationships among traits in the F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> generations of three soybean crosses. *Crop. Sci.* 3(6):508-511. 1963.
2. BARRIGA, P. et al. Contenido de proteína, lisina y potasio en grano de trigo en función de época de siembra y cultivar. *TURRIALBA*, 11:260. 1975.
3. BHATIA, C.R. Bionergetic consideration in cereal breeding of protein improvement. *Science*, 194:1418-1420. 1976.
4. BRESSANI, R. Efecto de la fertilización sobre el contenido de proteína y valor nutritivo del frijol. En: XIII Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica, 1967. p. 42-43.
5. CAMACHO, L.H. et al. Genotypic and phenotypic correlations of components of yield in kidney beans. *Beans Inprov. Crop*, 7: 8-9. 1964.
6. CAMACHO, L.H. Relación entre el hábito de crecimiento y los componentes del rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Vol. III (2). I.C.A. p. 123-129. 1968.
7. CHONAY, J.J. Relación de nitrógeno aplicado al suelo y la variación del contenido de proteína en el grano de frijol. Guatemala, Universidad de San Carlos, Fac. de Agronomía, 1977. 36 p. (tesis Ing. Agr.).
8. DENIS, D.J. Estimación de la heredabilidad del rendimiento y sus componentes primarios en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); correlaciones fenotípicas y genotípicas entre estos caracteres. Turrialba, Costa Rica, Inst. Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 46 p. (tesis Mag. Sc.) (Mimeografiado).
9. DE LA CRUZ S., J.R. Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR, 1976. 10 p.
10. DICKSON, M.H. Diallel analysis of seven economic characters in snap beans. *Crop. Sci.* 7(2):121-124. 1967.
11. -----And L. R., Hackler. Protéin quantity and quality in high-yielding beans. In: Nutritional improvements of food legumes by breeding. New York, John Wiley and Sons, 1972. pp. 185-192.
12. DUARTE, R.A. Effect of leaf removal on yield and its componenets in field beans. *Bean Improvement Coop.* 10:11-13. 1967.
13. ECHANDI. R. Efecto de algunas enfermedades viróticas en el contenido de proteína (*Phaseolus vulgaris* L.) En XVII Reunión Anual del PCCMCA, Panamá, marzo 1971.
14. ----- Variación en el conteriido de protéína en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) En XVII Reunión Anual del PCCMCA, Panamá, marzo 1971. pp. 29-31.

15. ESCAMILLA E., E. Greenhouse studies on the effect of foliar spray of nutrient solutions during the grain filling period on spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and black field bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Iowa State University, 1977. 129 p. thesis Dr. of Philosophy).
16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Estudio de las perspectivas del desarrollo agropecuario para Sudamérica. Roma, FAO, 1972 (2V).
17. LELEJI, O.I. et al. Inheritance of crude protein percentage and its correlations with seed yield in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Crop. Sci.* 12:168-171. 1972.
18. RUTGER, N.J. Variation in protein content and its relation to other characters in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) In: the Tenth Dry Bean Research Conference. Davis, Calif. Agr. Res. Service, USDA 74-56. 1970. pp. 59-68.
19. RUTGER, N.J. Variation in protein content and its relation to other characters in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) In: Report of the Tenth Dry Bean Research Conference. ARS 74-56. Agr. Res. Serv., U.S. Dept. of Agriculture, 1971. pp. 59-69.
20. SILBERNAGEL, M.J. Bean Protein improvement work by USDA: Bean and pea investigations. In the Tenth Dry Bean Research Conference, Davis, Calif. Agr. Res. Service, USDA 74-56. 1970-71. pp. 70-83.
21. TANDON, O.B. et al. Nutritive value of beans: Nutrients in Central American beans. *J. Agr. Food Chem.* 5:137-142.

Vo. Bo.

PALMIRA R. DE QUAN  
Jefe Centro de Documentación  
e Información Agrícola

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

IMPRIMASE:

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Antonio Sandoval'.

Dr. Antonio Sandoval  
Decano a.i.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12  
GUATEMALA, CENTRO AMERICA